

Измерения, произведенные при давлении газа в сосуде $p = 5,8 \cdot 10^{-4}$ см рт. ст., дали значение $l = 1,7$ см.

Отсюда согласно (25.17) при атмосферном давлении $p_0 = 76$ см рт. ст. длина свободного пробега атома серебра составит:

$$l_0 = 1,7 \frac{5,8 \cdot 10^{-4}}{76} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ см} = 1,3 \cdot 10^{-7} \text{ м},$$

что хорошо согласуется с общей оценкой порядка величины l_0 и с данными приведенной таблицы, полученными другими способами.

§ 26. Вакуум. Методы его получения и измерения

Согласно (25.17) средняя длина свободного пробега молекул в газе обратно пропорциональна давлению:

$$l \sim \frac{1}{p}. \quad (26.1)$$

Поместим газ в сосуд с линейными размерами L , например, ~ 10 см, и начнем постепенно его откачивать. При этом средняя длина свободного пробега будет непрерывно возрастать. Если при атмосферном давлении ($p = 760$ мм рт. ст.) l порядка 10^{-7} м, то при уменьшении давления до 1 мм рт. ст. l возрастет примерно в 1000 раз и достигнет значения около 10^{-4} м = 0,1 мм.

При уменьшении давления еще в 1000 раз, до 10^{-3} мм рт. ст., длина свободного пробега возрастет до 10 см и станет равной по порядку величины линейным размерам обычных сосудов. При дальнейшем уменьшении давления вычислять l по формуле (25.16) было бы неправильно, так как молекулы раньше сталкиваются со стенками сосуда, чем с другими молекулами, и расстояние между двумя последовательными столкновениями молекулы просто равно L .

Зависимость l от p изображена на рис. 2.30. При $l < L$ мы имеем гиперболическую зависимость (26.1), а по достижении достаточно низкого давления p_B длина свободного пробега становится постоянной и равной

$$l = L. \quad (26.2)$$

Точка A лежит на пересечении предельных линий, соответствующих формулам (26.1) и (26.2). В окрестностях этой точки истинная кривая представляет собой плавный переход от одной из этих линий к другой.

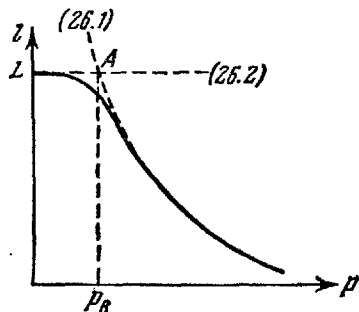


Рис. 2.30.

При давлениях, меньших p_v , столкновения молекул внутри сосуда практически прекращаются и каждая молекула летает от стенки до стенки и обратно, как если бы в сосуде отсутствовали другие молекулы. Эта область давлений называется физическим вакуумом. В рассмотренном выше примере вакуум наступает при давлении 10^{-3} мм рт. ст., т. е. примерно при 10^{-6} атм. При этом в каждом кубическом сантиметре остается еще

$$n = \frac{2,7 \cdot 10^{19}}{10^6} = 2,7 \cdot 10^{13},$$

т. е. огромное число молекул. Однако благодаря ничтожно малым размерам молекул они пролетают весь объем, почти не сталкиваясь друг с другом.

Из изложенного следует, что понятие вакуума относительно. Чем больше размер сосуда, тем при меньших давлениях наступает состояние вакуума. И наоборот, для газа, заключенного в пористых телах (кирпич и другие строительные материалы) с диаметрами пор меньше $0,1 \text{ мкм} = 10^{-7} \text{ м}$, уже атмосферное давление можно считать вакуумом, так как молекулы газа будут проходить сквозь эти поры, ударяясь

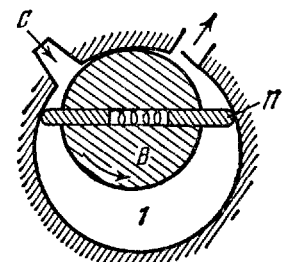


Рис. 2.31.

о стенки последних и практически не сталкиваясь с другими молекулами.

Свойства вакуума играют большую роль и в технике. Например, в электронных лампах и многочисленных современных электронных приборах движутся направленные пучки электронов. Для того чтобы движущиеся электроны не сталкивались с молекулами газа и не рассеивались в стороны и назад, нет необходимости в абсолютном удалении всего воздуха из прибора. Для этого достаточно довести разрежение в приборе до условия $l > L$, т. е. попасть в область вакуума.

Для создания разрежения применяют различного типа вакуумные насосы. В ротационном вакуум-насосе, схематически изображенном на рис. 2.31, внутри цилиндра вращается эксцентрично посаженный вал В. В прорези на валу вставлены пластины П, прижимаемые пружинами к стенкам цилиндра. При вращении вала воздух, поступающий из откачиваемого сосуда С в полость 1, отсекается пластиной, сжимается и выбрасывается наружу. Герметизация и отделение области низкого давления от атмосферы осуществляется с помощью смазки. С помощью такого типа насосов удается понизить давление лишь до $\sim 0,003 - 0,008$ мм рт. ст. Они используются для создания предварительного вакуума и называются форвакуумными.

Для создания более глубокого вакуума широко применяется насос Лэнгмюра (рис. 2.32). Ртуть или органическая жидкость (масло) в резервуаре нагревается электрической спиралью до кипения. Пары ртути с большой скоростью выходят из сопла и увлекают за собой молекулы воздуха из откачиваемого сосуда. Эти пары, попадая затем на охлаждаемую водой поверхность, конденсируются и стекают обратно в резервуар, а захваченный воздух выходит в пространство, в котором должно быть создано предварительное разрежение (форвакуум). Насос Лэнгмюра используется, например, для откачки электровакуумных приборов. С его помощью можно достичь разрежений, соответствующих $\sim 10^6$ мм рт. ст.

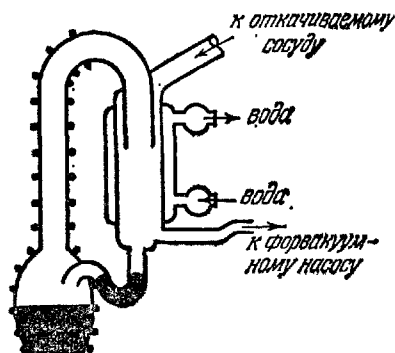


Рис. 2.32.

Для достижения еще больших разрежений используют, например, свойство охлажденного активированного угля поглощать газы. В откачиваемой колбе помещается отросток, в который помещается некоторое количество активированного угля. При получении максимального разрежения, которого можно достигнуть с помощью насоса Лэнгмюра, отросток с углем погружают в жидкий воздух. Охлажденный до температуры порядка -180°C уголь поглощает остатки газа в колбе, и давление в ней понижается до $10^{-8} \div 10^{-9}$ мм рт. ст.

Для измерения небольших разрежений можно пользоваться обычным ртутным манометром. В случае глубокого вакуума приходится предварительно сжимать часть газа в определенное большое число раз и измерять давление сжатой части газа (манометр Мак-Леода).

В настоящее время для измерения вакуума широко используют различные электрические методы. Например, в ионизационном манометре с помощью высокого напряжения ионизируют молекулы остаточного газа и измеряют число образовавшихся ионов, которое пропорционально концентрации молекул, т. е. давлению газа.

§ 27. Диффузия газов

Пусть в газе присутствует посторонняя примесь с концентрацией n (n — число молекул в единице объема). В данный момент времени концентрация примеси в различных точках объема может быть различной и зависеть от пространственной координаты x , как это изображено на рис. 2.33.